

Первые данные о вертикальных косейсмических деформациях на побережье Кронцокого залива по результатам палеосейсмологических исследований
Т.К. Пинегина¹, Л.И. Базанова¹, Е.А. Зеленин², А.Л. Хомчановский¹, Д.С. Выдрин³, Ф.И. Батанов¹

¹Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 683006; e-mail: pinetk@yandex.ru;

²Геологический институт РАН, Москва;

³МГУ им. Ломоносова, Москва

Впервые на побережье Кронцокого залива удалось идентифицировать следы трех косейсмических опусканий, произошедших в результате субдукционных землетрясений напротив Кронцокого залива на протяжении последних ~5000 лет. Амплитуда выявленных опусканий (порядка 1-2 м) свидетельствует о большой (~200 км) ширине очаговых зон палеоземлетрясений.

Введение

Главной целью наших исследований является определение параметров землетрясений в разных частях Камчатской зоны субдукции и характерных периодов повторяемости сильнейших субдукционных землетрясений в голоцене. В ходе палеосейсмологических работ проведенных на побережье Кронцокого залива, предполагалось получить первые фактические данные о наличии (либо отсутствии) здесь следов вертикальных косейсмических деформаций, и об их возрасте.

Методы исследований

В предполетный период мы провели дешифрирование космических и аэрофотоснимков, цифровых моделей рельефа с ресурса ArcticDEM (<https://www.pgc.umn.edu/data/arcticdem/>) с целью выявления форм берегового рельефа со следами вертикальных косейсмических деформаций, и наметили наиболее перспективный участок для полевых исследований. Критериями для выбора участка экспедиционных исследований являлись: наличие морской аккумулятивной террасы с серией береговых валов, высокая скорость ее проградации, наличие торфяников расположенных на небольшой высоте над уровнем моря, следы срезания (в плане) древних береговых валов более молодыми. На основе проведенного анализа мы выбрали участок для детальных полевых исследований к северу от дельты р. Жупанова, в районе р. Кедровая на побережье Кронцокого залива (рис. 1).

Для района работ была составлена предварительная тефрохронологическая шкала с использованием ранее опубликованных данных по направлению осей изопакит голоценовых пеплопадов [2]. Во время полевых работ тефрохронологическая шкала была уточнена и дополнена, и использовалась для корреляции и датирования отложений и форм рельефа, связанных косейсмическими деформациями побережья.

В ходе полевых исследований с помощью беспилотного летательного аппарата Phantom 4-PRO была произведена аэросъемка местности. Используя электронный лазерный тахеометр Trimble 3-M, на участке детальных исследований были измерены топографические профили через морскую террасу и определены высоты всех заложённых на ней шурфов и скважин. Вдоль измеренных топографических профилей мы провели георадарное зондирование (георадаром «Око» с антеннами 250 и 100-50 МГц) и наметили вероятное положение погребённых уступов размыва, маркирующих положение древних береговых линий после косейсмического опускания [1]. Наличие погребённых уступов было подтверждено в ходе их вскрытия в шурфах. В тех местах, где выполнение шурфовочных работ было невозможным из-за грунтовых вод, мы провели ручное бурение и описали поднятые из скважин керны.

назад, третье опускание близко по возрасту к 4500 ^{14}C лет назад. Величина каждого из опусканий по амплитуде составляет порядка 1-2 метра. Наличие таких крупноамплитудных опусканий позволяет сделать выводы об их связи с очень широкими (около 200 км или более) очаговыми областями субдукционных землетрясений.

Оказалось, что в целом за голоцен, побережье Кроноцкого залива погружается (по-видимому, за счет периодически происходящих здесь крупноамплитудных косейсмических опусканий). К северу от реки Кедровая, в сторону центральной части Кроноцкого залива, все древние береговые валы оказались затоплены или размыты, за исключением современного активного берегового вала, образованного уже после последнего косейсмического опускания.

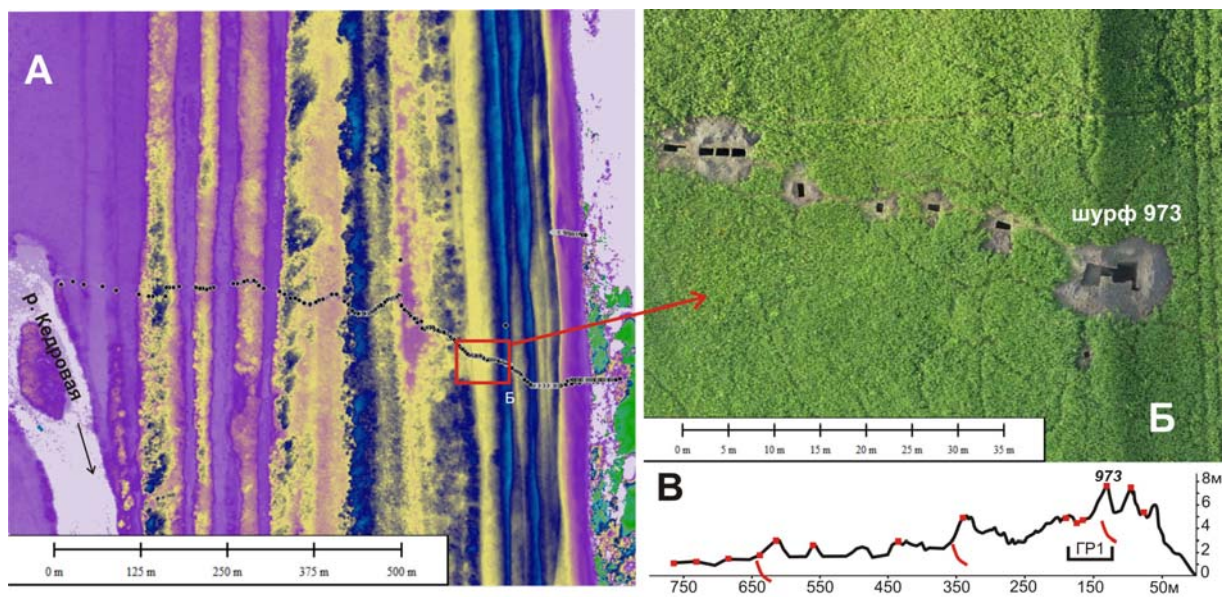


Рис. 2. Фрагменты цифровой модели местности (А) и ортофотоплана (Б), построенные по результатам аэрофотосъемки с БПЛА; В – топографический профиль, измеренный на детальном участке исследований; положение шурфов на профиле отмечено красными точками; положение уступов размыва показано красными линиями; ГР1 – положение одного из георадарных профилей (см. рис. 3). На всех рисунках море – справа.

Обсуждение результатов и выводы

По предварительным данным, последнее (наиболее молодое) землетрясение, сопровождавшееся косейсмическим опусканием побережья Кроноцкого залива, произошло в интервале 400-700 ^{14}C лет назад, второе - в интервале 2000 – 3500 ^{14}C лет назад, третье землетрясение близко по возрасту к 4500 ^{14}C лет назад. Величина каждого из косейсмических опусканий по амплитуде составляет около 1-2 метров, что позволяет предположить ширину очаговых зон порядка 200 км или более.

Ранее нами были получены данные о возрасте, повторяемости и амплитуде вертикальных косейсмических деформаций на побережье Авачинского залива [3]. По предварительным данным, возраст косейсмических опусканий в Кроноцком заливе не соответствует косейсмическим опусканиям, выявленным на побережье Авачинского залива [3] (1150 – 1250, 2400-2500 и 3300 – 3500 ^{14}C лет назад). Это позволяют предположить сегментированность очагов землетрясений вдоль Камчатской зоны субдукции, причем полуостров Шипунский в этом случае может являться неоднородностью (asperity), разделяющей зону субдукции на сегменты. Однако данное предположение нуждается в проведении дальнейших исследований и сборе дополнительных фактических материалов. Для уверенных выводов необходимо получить длительную летопись о сильнейших субдукционных землетрясениях,

сопровождавшихся косейсмическими деформациями на разных участках камчатского побережья (включая полуострова Шипунский и Кроноцкий).

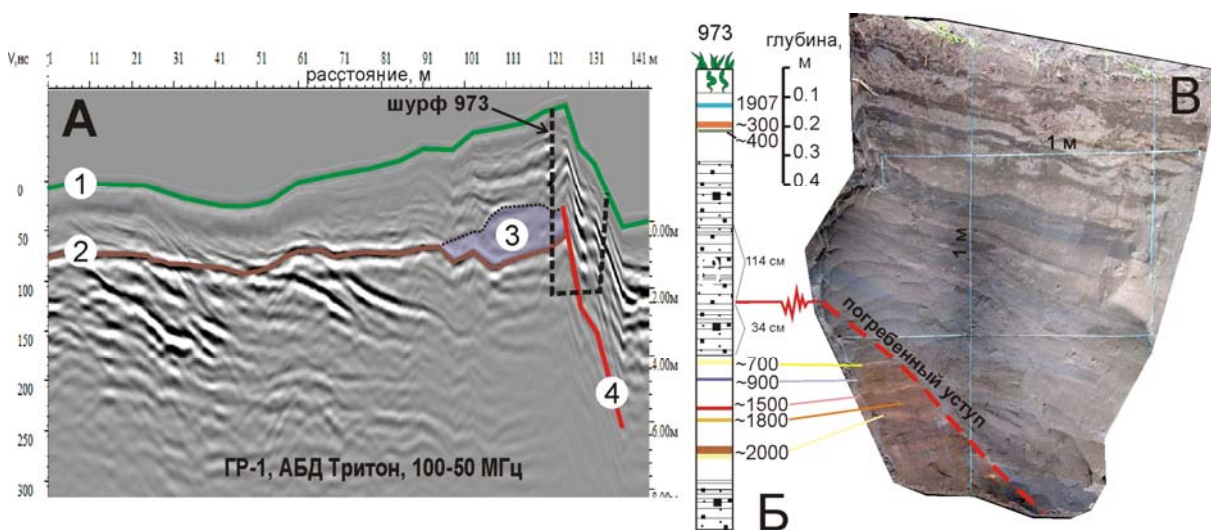


Рис. 3. Идентификация погребенного уступа размыва 1: **А** – положение уступа на георадарном профиле ГП 1 (см. также рис. 2В); цифры на радарограмме: 1 – современная земная поверхность; 2 – палеоповерхность до косейсмического опускания; 3 – штормовые осадки отложенные на фазе размыва берега; 4 – погребенный уступ размыва; **Б** – геологический разрез через уступ размыва (цветом обозначены маркирующие горизонты тефры, цифры соответствуют их округленному ^{14}C возрасту (кроме исторической тефры 1907 года нашей эры); черный крапш – штормовые отложения; почва показана без заливки); **В** – фотомонтаж северной стенки шурфа 973 (см. также рис. 2); вскрытый уступ размыва показан красным пунктиром.

Полевые исследования проведены на средства гранта РФФИ №18-05-00407 (рук. Пинегина) и «Программы приоритетных научных исследований в интересах комплексного развития Дальневосточного отделения РАН» (проект 18-5-003, рук. Пинегина), Российского Министерства образования и науки (грант № 14.W03.31.0033, рук. Шапиро); подготовка публикации выполнена при финансовой поддержке по государственной теме № 0282-2018-0019 (ИВиС ДВО РАН).

Список литературы

1. Пинегина Т.К. Пространственно-временное распределение очагов цунамигенных землетрясений тихоокеанского и берингоморского побережий Камчатки по отложениям палеоцунами: Автореферат докт. дисс. Москва, 2014. 43 с.
2. Braitseva, O.A., Ponomareva, V.V., Sulerzhitsky et al. Holocene key-marker tephra layers in Kamchatka, Russia // *Quaternary Research*. 1997. 47(2). P. 125–139.
3. Pinegina T.K., Bazanova L.I., Bourgeois J. et al. Paleotsunami deposits and buried erosional scarps from co-seismic subsidence along Avachinsky bay coast (Kamchatka) // JKASP-2018. Petropavlovsk-Kamchatsky: IVS FEB RAS, 2018. P. 182-184.